

# EL URBANISMO DE LAS MATEMÁTICAS

R. Rivera<sup>1</sup>, M. Trujillo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Urbanismo

<sup>2</sup> Departamento de Matemática Aplicada

Universidad Politécnica de Valencia

[matrugui@mat.upv.es](mailto:matrugui@mat.upv.es)

## RESUMEN

Los estudiantes de arquitectura participan en el aprendizaje de ciencias sociales y exactas sin que se llegue a definir con precisión su compatibilización. Las asignaturas suelen ser compartimentos estancos, con lo que se pierde gran parte de la magia que supone la interdisciplinariedad. Sin embargo, nuestra sociedad requiere conocimientos basados en relaciones, que entiendan las vinculaciones entre áreas de conocimiento compañeras dentro de la globalidad de una profesión.

En esta comunicación presentamos El urbanismo de las matemáticas, una asignatura optativa basada en las relaciones entre matemáticas y urbanismo. El objetivo de esta asignatura es explicitar la compatibilidad entre estas disciplinas y subrayar aspectos en los que se complementen, se necesiten y se desarrollen. En definitiva, tratar de situar al urbanismo y a las matemáticas en un rango de disciplinas cuyo aprendizaje conjunto no solo puede mejorar su comprensión y facilitar su práctica, sino que cada una refuerza la identidad de la otra.

**Palabras clave:** interdisciplinariedad, multidisciplinariedad, urbanismo y matemáticas

## ABSTRACT

Architecture students take part in the learning of social and exact sciences without the knowledge of their compatibility. Subjects are usually closed compartment, which do not allow cross much of the magic that multidisciplinary involves. However, our society requires knowledge based on relationships, which understand the close links between the expertise areas belonging to the same profession.

In this communication we present The urbanism of maths, a subject based on the relationships and links between maths and urbanism. The objective of this subject is to explicit the compatibility between these disciplines and emphasize the aspects that complement and enrich them. The subject sets urbanism and mathematics in a discipline range whose joint learning can improve their comprehension and facilitate their use. The interaction between urbanism and maths exists and is a powerful tool in which each discipline reinforces the other.

**Key words:** interdisciplinarity, multidisciplinarity, urbanism and maths

## 1 INTRODUCCIÓN

Entendemos que la contextualización es un concepto fundamental para el aprendizaje porque facilita la comprensión y da sentido al esfuerzo. Por qué aprender algo, para qué va a servir y qué relación tiene tanto con el trabajo profesional como con la vida en colectividad, son preguntas cuya respuesta razonada tranquiliza, incentiva el interés y multiplica el rendimiento de aquellos que se enfrentan a las diferentes asignaturas sin entender su significado ni su función en la profesión imaginada. Descubrir el hilo conductor que hilvana los diferentes conocimientos es un instrumento muy poco desarrollado en los programas docentes pero que, desde nuestro punto de vista, resulta fundamental porque aporta coherencia y explica lo global desde lo particular, desborda el marco estrecho de cada parte aislada y ofrece un panorama diferente de la docencia que facilita el aprendizaje. Si el alumnado descubre desde el principio la cadena lógica del conocimiento y los enlaces que vinculan unos conceptos con otros, habremos conseguido evidenciar y clarificar la hoja de ruta que supone desarrollar un grado. Los tiempos están cambiando, sin duda, por eso resulta básico ponernos al frente de ese cambio mirando a las nuevas necesidades, a las diferentes exigencias que surgen en una profesión, entre ellas la interdisciplinariedad [1].

En Arquitectura participa el aprendizaje de ciencias sociales y ciencias exactas sin que se llegue a definir con precisión su compatibilización. Ninguna asignatura puede estar aislada dentro del grado, por eso en esta comunicación presentamos El urbanismo de las matemáticas (URMA), una asignatura basada en las relaciones y las vinculaciones entre estos tipos de ciencias y, muy específicamente entre Matemáticas y el Urbanismo. En esta asignatura se pretende poner en primer plano esos vínculos imprescindibles que, de alguna manera, explican la presencia de las asignaturas en el programa docente de grado. En definitiva, trata de mejorar la comprensión de cada una a partir del conocimiento de la otra. Al proponer una mezcla de dos disciplinas clásicas en Arquitectura, tratamos de explicar, y que el alumnado lo descubra, el hilo conductor que justifica precisamente eso, que las dos disciplinas son necesarias y tienen que ver la una con la otra. La heterogeneidad de los puntos de partida supone un cierto desafío pero, a la vez, un interés añadido que permite una experiencia docente rica, completa y atractiva.

El URMA se ha puesto en marcha en el segundo cuatrimestre del curso 2014-2015 en la Escuela de Arquitectura de Valencia en el Grado en Fundamentos de la Arquitectura. Anteriormente en la Escuela, llevamos a cabo dos experiencias docentes con la misma filosofía que el URMA. La primera de ellas la llamamos mau\_mau [2]. El mau\_mau fue un proyecto colectivo entre tres disciplinas diferentes y con alumnos de tres niveles también diferentes. Las disciplinas involucradas en este caso fueron proyectos, urbanismo y matemáticas. La idea, al igual que en el URMA, fue que cada asignatura estuviera al servicio de las otras y se entendiera mejor precisamente porque las otras estaban ahí, al lado, cerca. La experiencia, no enmarcada en ninguna asignatura en concreto, se concretó en 4 sesiones de seminario y un trabajo cuatrimestral transversal, voluntario y al margen de la docencia reglada. El trabajo contaba con dos niveles, el conceptual y el trabajo práctico, para que el alumnado experimentara con las manos, con los sentidos, con las ideas. Los participantes fueron alumnos y alumnas de primero, segundo y tercero, juntos, aprendiendo matemáticas, proyectos y urbanismo a la vez y tutorizados por tres profesores, cada uno vinculado a una de las disciplinas involucradas.

La segunda experiencia previa al URMA fue un seminario que llamamos 3L UR84NI5MO D3 L45 M473M47IC45 (el urbanismo de las matemáticas), nombre que posteriormente dimos a la asignatura. Siguiendo la línea del mau\_mau este seminario también fue una experiencia interdisciplinar. En este caso las disciplinas que entraron en juego fueron únicamente urbanismo y matemáticas. Así como en el mau\_mau primó el trabajo práctico por encima de la reflexión, el UR84NI5MO D3 L45 M473M47IC45 fue un seminario de carácter más reflexivo y menos práctico. Los resultados extraídos de estas dos experiencias y nuestra convicción de la necesidad de construir puentes entre las diferentes disciplinas que forman parte de un grado nos llevó a reformular nuestra idea en una asignatura optativa. Incluso llegamos a imaginar que cualquier asignatura optativa debería incluir, al menos, dos disciplinas diferentes.

## **2 EL URMA**

Como hemos dicho, el nacimiento del URMA ha sido reciente. Es una asignatura optativa de segundo cuatrimestre que ha comenzado a impartirse en el curso 2014-2015 en el Grado en Fundamentos de la Arquitectura que se imparte en la Escuela de Arquitectura de Valencia. El objetivo es mezclar conceptos. Creemos que el papel del aprendizaje universitario es ese, mezclar, relacionar, entender. Agítese antes de usar, podría ser un símil que nos permita entrelazar conocimientos antes de ingerirlos. Los profesores de la asignatura somos quienes presentamos esta comunicación y pertenecemos a los departamentos de Urbanismo y Matemáticas.

### **2.1 Programa**

El programa de la asignatura trata de combinar la esencia de las dos disciplinas involucradas. No es un programa cerrado, es el que inicialmente nosotros proponemos, pero puede verse alterado por la demanda de otros temas que surjan a partir de las reflexiones y los debates. Está dividido en 5 bloques:

- a. Aproximación general. En la *aproximación general*, presentamos la asignatura (objetivo, programa, planificación, metodología, evaluación y materiales) y consensuamos nuestra propuesta, porque entendemos que el aprendizaje es un acuerdo. En esta primera parte llevamos a cabo una actividad para ir aproximándonos al URMA utilizando el lenguaje como el instrumento horizontal por excelencia que une todo en el plano de la comunicación. Dentro del lenguaje, seleccionamos una serie de conceptos que tienen su explicación desde las ciencias básicas, pero también tienen su traducción arquitectónica/urbanística, sin perder su esencia conceptual, lo que facilita no solo la comprensión profunda de cada concepto, sino el descubrimiento y la percepción de las áreas comunes de las disciplinas; hablamos de densidad, razón, proporción, escala, y flujo. Además, estos conceptos seleccionados también son utilizados en sentido coloquial, ajeno a la arquitectura, pero que, por eso mismo, unen la conversación cotidiana con la especialización, haciendo esta última más accesible y comprensible. Un especialista nunca debe estar separado de la realidad próxima. En el desarrollo de esta parte pueden surgir conceptos añadidos que permiten esta disección poliédrica.

- b. Conceptos. Así como en la aproximación general se utilizan diferentes conceptos aislados, en la segunda parte del URMA, la que llamamos *conceptos*, damos un paso más y abordamos conjuntos de conceptos, todos ellos incluidos en lo que podemos llamar la disciplina como conjunto de ideas. Algo así como una caja de conceptos. Estas cajas/disciplinas/conjunto de ideas no vienen solas, sino que van en parejas o binomios. Podríamos decir que una de ellas va asociada al urbanismo y otra a las matemáticas, pero las fronteras en la mayoría de los casos no están claras, ni tampoco pretendemos encontrarlas. Es más bien lo contrario, nos interesa su retroalimentación, escarbar en la franja de la incertidumbre. Concretamente los binomios con los que trabajamos son: geometría vs representación, análisis vs cambio, álgebra vs estructura y estadística vs datos. En todos los casos se reflexiona sobre cada parte del binomio situado en su disciplina y a continuación las conexiones entre ambas partes. Por ejemplo, en el caso de geometría vs representación se comienza reflexionando sobre la geometría estudiada desde el punto de vista de las matemáticas y la representación utilizada en urbanismo. Una vez realizada esta primera reflexión se comienzan a buscar los nexos, los encuentros, las disyuntivas, poniendo de relieve su combinación. Utilizamos referencias sobre geometría-representación en forma de binomio como son Bofill y el barrio Gaudí en Reus, Picasso y el cubismo, o Rafael Leoz y el módulo Hele.
- c. Dicotomías. La dualidad de los conceptos también está presente cuando se trabaja la tercera parte del programa que corresponde a las *dicotomías*. En este caso se analizan características de las dos disciplinas implicadas en el URMA y que, a priori, pueden parecer antagónicas. El objetivo permanente de la propuesta es romper las apariencias y llegar más lejos. Es ahí donde las matemáticas y el Urbanismo, con mayúsculas, se encuentran. Por eso, una vez las hemos trabajado mediante la reflexión o las actividades propuestas, el resultado es que las dos disciplinas, en mayor o menor medida, comparten estas características que empareja la dicotomía y que eso las enriquece, las explica, las hace comprensibles. Las dicotomías sobre las que trabajamos son: ciencia social vs ciencia exacta, acuerdos vs resultados, ideología vs metodología, realismo vs abstracción, cambio vs permanencia.
- d. Aprendizaje diagonal. Este es un concepto que hemos tomado prestado de Julio Cortázar, cuando daba clases de literatura, y representa la transversalidad. Hasta este punto del programa del URMA, la dinámica de trabajo comienza analizando conceptos o características del urbanismo y de las matemáticas por separado para llegar a darnos cuenta de su intersección en cada uno de los aspectos estudiados. En la parte correspondiente al *aprendizaje diagonal* partimos ya de la intersección sin poder distinguir por separado los ingredientes que constituyen cada una de las disciplinas. Al inicio de la asignatura pretendemos centrarnos más en la esencia/filosofía/razón de ser del urbanismo y de las matemáticas para ahora, en esta diagonal del URMA, poder ver la interacción/intersección/superposición de dichas materias a través de ejemplos o aplicaciones.

- e. Inconclusión. A la última parte del programa la denominamos de esta manera porque nuestro deseo no es sacar conclusiones cerradas en este proceso, sino abrirlas. El URMA pretendemos que no sea un fin en sí mismo, sino un principio, que sirva como motor de sensibilización en relación con la conexión entre materias y pueda suponer un punto de partida de nuevas miradas sobre las intersecciones de las diferentes disciplinas. Un instrumento de mejora en la comprensión y la globalidad del aprendizaje.

## **2.2 Metodología, materiales y evaluación**

El método que utilizamos de enseñanza-aprendizaje se aleja de la clase magistral y trata de utilizar el debate, el análisis y la reflexión colectiva como herramientas para que el alumnado desarrolle técnicas y saque sus propias conclusiones en relación a los objetivos definidos en la asignatura.

Para comenzar a trabajar los temas partimos de unos textos mínimos, elaborados por el profesorado, en los que tratamos de fomentar una reflexión individual previa por parte de los alumnos. La idea es incentivar el protagonismo de ellos mismos en su propio aprendizaje.

Una vez llevada a cabo esta reflexión individual realizamos una puesta en común en la que sí intervenimos los profesores de una manera más directa, aunque tratando de mantenernos en un segundo plano.

Por último, proponemos actividades de diversos tipos, relacionadas con el tema tratado, en las que las técnicas que tengan que emplear sean también diferentes, y siempre que estén presentes las dos disciplinas. Para su realización se necesita una parte importante de análisis y reflexión, así como de creatividad y originalidad.

De la puesta en común y de la revisión o realización de una actividad práctica relacionada con el tema a tratar, llegamos a las conclusiones parciales de cada uno de los temas analizados.

Dado que las actividades son de diversa índole los materiales que utilizamos también son variados. Textos, vídeos, lecturas, visitas, imágenes, juegos,... Al igual que el programa, el conjunto de materiales y actividades puede verse alterado por el desarrollo y rumbo de la asignatura.

Dentro de las lecturas se han tomado distintas referencias en esta primera experiencia tratando de combinar las matemáticas, el urbanismo y la literatura [3]-[6].

La evaluación de la asignatura es continua teniendo en cuenta el trabajo que se desarrolla semana a semana. Se valora, básicamente, la participación, la asistencia, y la calidad de las aportaciones teóricas y prácticas.

Además de los trabajos/actividades intermedias que se van llevando a cabo, a lo largo del curso se realiza un proyecto completo que trata de resumir todo lo tratado.

No es el objeto de esta comunicación detallar las actividades que hemos diseñado para el URMA, sin embargo, creemos que tiene interés explicar brevemente en qué consiste el trabajo final para entender la filosofía del resto de actividades. En concreto, el trabajo propuesto se denomina SudokUrbano. En este trabajo partimos de la idea de sudoku tradicional: 81 celdas agrupadas en una matriz de  $9 \times 9$  que a su vez se agrupan en 9 submatrices  $3 \times 3$  en las que se distribuyen las cifras del 1 al 9 con la restricción de que en ninguna fila, columna o submatriz  $3 \times 3$  se repitan las cifras. El objetivo es rellenar las 81 celdas partiendo de algunos números ya dispuestos en algunas de ellas. Son instrucciones claras, sencillas y conocidas.

En el sudokuUrbano partimos de una ciudad (matriz 9×9) compuesta por 9 barrios (submatrices 3×3) en las que existen 9 tipos de equipamientos o piezas urbanas (cifras del 1 al 9). Las cuadrículas interiores de los barrios están delimitadas por “calles”, las exteriores por “avenidas”. Algunas de las piezas (equipamientos) ya están construidas en la situación de partida de la ciudad (Figura 1), sin embargo falta completarlas en el conjunto de la ciudad para obtener una equidad de equipamientos.



Figura 1. Situación de partida del sudokuUrbano

Hay que resolver el sudokuUrbano encontrando la solución del juego y planteando una ciudad equilibrada. Pero este sudokuUrbano implica mucho más.

En primer lugar, cada equipamiento tiene que ser representado con un logo (no con una cifra) que el alumnado tiene que diseñar incorporando así el diseño como elemento importante dentro de la configuración urbana.

En segundo lugar, a pesar de encontrar la solución del sudoku, las casillas se han de completar en tres períodos, dado que el proyecto para el equipamiento de la ciudad se desarrolla a lo largo de 10 años y el presupuesto está dividido en tres fases. De este modo hay que analizar la situación de partida de la ciudad y en función del presupuesto decidir y priorizar, en cada fase, qué tipo de equipamiento conviene elegir y a qué barrio destinarlo. Cada equipamiento tiene un precio diferente y en cada fase la ciudad debe tener un nivel de homogeneidad razonable considerando la situación de los equipamientos y su proximidad.

Y en tercer lugar aparece el equipamiento de rango de ciudad, uno en cada una de las categorías. Es decir, si el equipamiento es de tipo sanitario, en la ciudad del SudokuUrbano habrá 8 centros de salud y 1 hospital, y ese hospital estará en uno de los barrios, lógicamente. La casilla del equipamiento de ciudad se tiene que diferenciar del de barrio aunque utilizando el mismo logo. Además, los equipamientos de ciudad suponen un coste de un 20% más que los equipamientos de barrio.

El trabajo se realiza en grupo. Se construye una maqueta y cada grupo debe entregar en cada una de las fases la maqueta actualizada, en la que se vea la

propuesta que presenta con el presupuesto asignado (ver Figura 2). Al finalizar el trabajo los grupos deben entregar una memoria que recoja la información del proceso seguido y la maqueta con la solución final. Puesto que como la solución es única esta maqueta debería presentar la misma distribución de equipamientos, la única diferencia sería donde están colocados los equipamientos de ciudad y las fases por las que se ha pasado al elegir las prioridades. Durante el trabajo/juego van apareciendo más cuestiones que los alumnos deben resolver. Una de ellas sería por ejemplo si es posible que los equipamientos con categoría de ciudad se sitúen en filas, columnas y barrios diferentes de manera que no coincidieran o si situarlos todos en el barrio central supondría mayor cercanía para un mayor número de gente. Cuestiones que deben combinar una reflexión tanto matemática como urbanística.

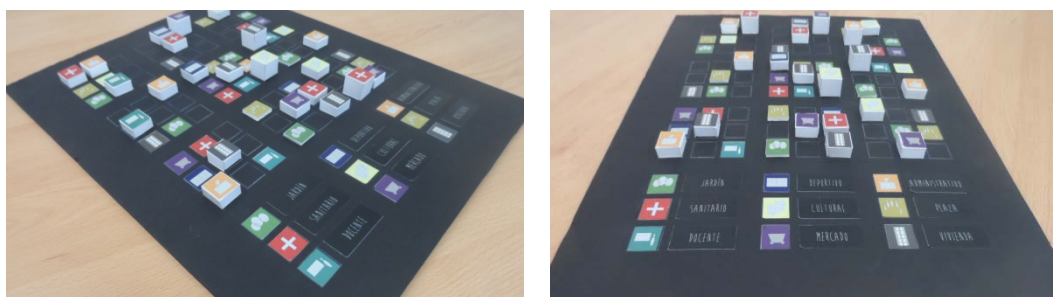


Figura 2. Diferentes perspectivas de la maqueta del sudokuUrbano durante el proceso de completado.

### 3 RESULTADOS Y REFLEXIÓN

El análisis de la experiencia mau\_mau y del seminario el UR84NI5MO D3 L45 M473M47IC45 aportó aspectos positivos y negativos [2], con un balance claramente positivo que nos empujó a continuar. El carácter de estos resultados y nuestra ilusión nos llevó al URMA. El URMA en formato asignatura nos permitió subsanar las principales dificultades que encontramos en el mau\_mau y en el seminario. En el caso del mau\_mau los principales inconvenientes fueron de carácter organizativo ya que los alumnos provenían de cursos diferentes con horarios y cargas lectivas también diferentes. Con el seminario descubrimos que la esencia/filosofía de las disciplinas tiene que trabajarse antes de introducirse en aspectos más prácticos de su combinación, ya que permite mostrar la necesidad y las ventajas de la combinación de ambas.

En el momento de escribir esta comunicación (abril de 2015) el primer curso del URMA todavía está en marcha. En concreto, estamos empezando el aprendizaje diagonal. Dada la etapa en la que nos encontramos no contamos con muchos resultados por parte de los alumnos a nivel de encuestas de satisfacción. Quizá es un poco atrevido por nuestra parte presentar una asignatura de la que no tenemos resultados concretos. Sin embargo, hemos querido hacerlo de igual forma porque estamos convencidos de la oportunidad de esta línea de trabajo, y para que se conozcan algunos pequeños pasos que se pueden dar hacia una interdisciplinariedad que creemos que no se trabaja suficientemente en las Escuelas.

Desde nuestro punto de vista el hecho de ser una asignatura tiene sus ventajas y sus inconvenientes. En las experiencias anteriores los alumnos participaban de forma voluntaria. En el caso del mau\_mau sí que existía una compensación por la participación en forma de créditos de libre elección o de puntos en la evaluación de cada una de las asignaturas, aunque en ningún caso equivaldría a los créditos obtenidos al cursar la asignatura, asistieron cinco equipos de 6

alumnos cada uno de ellos. En el caso del seminario la participación era completamente voluntaria y sin compensación académica; asistieron 12 alumnos. El hecho de que el URMA pase a ser una asignatura optativa, poder contar con un horario reglado y poder ofrecer una recompensa por la participación y el trabajo (tanto para el alumnado como para los profesores) hace que experiencia sea más completa y se puedan abarcar más temas.

Por las circunstancias de implantación de las asignaturas optativas, el número de alumnos matriculados ha sido muy escaso y nos ha obligado a ajustar las condiciones de desarrollo de los diferentes apartados aquí descritos. De hecho, debido a la baja matrícula para el próximo curso el URMA no se ofertará. La idea es volver a ofertarla cuando el número de alumnos, que potencialmente se puedan matricular en las optativas, se normalice. Que no se oferte la asignatura no quiere decir que nosotros no sigamos adelante con experiencias interdisciplinarias. Hasta ahora estas experiencias no se han encontrado dentro de un marco reglado y cada vez estamos más convencidos de su utilidad.

Como ya hemos mencionado creemos en lo que hacemos, nos gusta y además los resultados con el alumnado siempre han sido positivos, por ello tenemos razones más que suficientes para seguir haciéndolo.

#### **4 BIBLIOGRAFÍA**

- [1] J Piaget, La epistemología de las relaciones interdisciplinarias, 1979. En: L. Apostel, G. Bergerr, A. Brigg y G: Michaud. Interdisciplinariedad. Problemas de la enseñanza y de la Investigación en las Universidades. México: Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior.
- [2] D Domingo, R Rivera, M Trujillo, Matemáticas + Arquitectura + Urbanismo = mau\_mau, 2º Congreso EMIE, Universidad Politécnica de Valencia, 2013.
- [3] C Alsina, Geometría para turistas, Ed Ariel, 2009.
- [4] M Haddon, El curioso incidente del perro a medianoche, Ed. Salamandra, 2004.
- [5] Y Ogawa, La fórmula preferida del profesor, Ed. Funambulista, 2008.
- [6] JJ Millás, Laura y Julio, Ed. Seix Barral, 2006.